ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 NOVEMBRE 1918.

PRÉSIDENCE DE M. P. PAINLEVÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Schwoerer, de Colmar, correspondant de l'Académie pour la section de mécanique, et à M. Tanakadate, membre de l'Académie impériale des sciences de Tôkyô, qui assistent à la séance.

GÉOLOGIE. — *Sur les couches de passage du Silurien au Dévonien dans le bassin houiller du Pas-de-Calais.* Note [1] de MM. **Ch. Barrois, P. Pruvost** et **G. Dubois.**

Nous avons utilisé les loisirs forcés d'une occupation ennemie de quatre années, qui nous immobilisa dans l'enceinte de Lille, pour décrire les importantes séries de fossiles siluriens et dévoniens rencontrés depuis 20 ans au cours des travaux de recherche (sondages, fonçages de puits, creusement de galeries) exécutés par les compagnies houillères de Liévin, Lens, Nœux, Béthune, Drocourt, l'Escarpelle, Vimy-Fresnoy, Gouy-Servins, et conservés par nos soins au musée houiller de Lille. L'abondance des matériaux recueillis par les ingénieurs était telle que leur classement n'avançait que lentement : dès 1912, toutefois, Gosselet faisait connaître les Trilobites de Liévin, M. Crépin les Orthocères, M. Leriche les Poissons, Gastropodes, Lamellibranches, tandis que l'un de nous

---

[1] Séance du 4 novembre 1918.

étudiait les Brachiopodes de ce gisement. Le travail commencé ainsi en collaboration dut se terminer avec d'autres collaborateurs : nous avons non seulement terminé l'étude des Brachiopodes de Liévin, mais revisé les déterminations des autres groupes, et englobé dans notre examen l'ensemble des gisements synchroniques du bassin. Cette revue critique nous a permis quelques considérations générales sur le passage du Silurien au Dévonien dans le bassin du Pas-de-Calais.

Découvert par l'un de nous dans cette région, en 1898, au-dessus du terrain houiller, sur lequel il forme une couverture charriée, venue du Sud, arrachée par la *faille du Midi* au fond même du bassin houiller, le terrain silurien nous avait offert les faunes classiques de Wenlock et de Ludlow, dans le pays de Galles. Les formes siluriennes rencontrées paraissaient associées à des espèces connues à Mondrepuits (Ardennes) et réputées dévoniennes. M. Leriche, dans une excellente monographie de ce gisement de Mondrepuits, crut devoir l'assimiler à celui de Liévin et le ranger avec lui dans le Silurien.

L'analyse détaillée des couches siluro-dévoniennes, charriées sur les formations houillères du Pas-de-Calais, nous a permis d'y distinguer un certain nombre de niveaux caractérisés par des faunes distinctes. Plus riches en individus qu'en espèces, accumulés suivant des nappes continues, ces faunes nous ont permis de distinguer une centaine de formes spécifiques distinctes, dont un certain nombre nouvelles pour la science. La succession de ces faunes est la suivante de haut en bas :

GÉDINNIEN SUPÉRIEUR :

1° *Schistes et grès rouges et verts de Vimy* (200^{m} environ). — Cet étage comprend des alternances de schistes et de grès bigarrés, renfermant de nombreux débris végétaux et une faune de poissons ostracodermes, riche et spéciale, encore inédite, qui fera l'objet d'une étude détaillée.

2° *Schistes et grès rouges et verts de Pernes* (épaisseur 200^{m}). — Ces couches, identiques aux précédentes par leurs caractères lithologiques, contiennent une faune de poissons différente décrite par M. Leriche : *Pteraspis Crouchi* Lamk., *Pt. rostrata* Ag., *Cephalaspis Lyelli* Ag. Cet étage affleure à Pernes-en-Artois.

GÉDINNIEN INFÉRIEUR :

3° *Psammites bleus de Liévin* (80^{m}). — Alternances de psammites à Ostracodermes décrits par M. Leriche : *Pteraspis Gosseleti* Ler., *Cyathaspis Barroisi* Ler. et de schistes à faune marine (*Modiolopsis complanata* Salt.).

4° *Schistes à Tentaculites de Méricourt* (23^{m}, 58 espèces). — Ces schistes bleus, très fins, renferment une faune exclusivement marine d'une richesse extraordinaire, où dominent : *Tentaculites irregularis* Kon., *Retzia Bouchardi* Dav., *Spirifer Mercuri* Goss., *Rensselæria primæva* nob., *Plethorhynchus dunensis* Drev., *Primitia Jonesi* Kon., *Homalonotus Vialai* Goss., *Acaste spinosa* Salt., *Cryphæus Michelini* Rou., etc., la grande majorité des 58 *espèces reconnues* étant d'affinités dévoniennes.

5° *Arkose de Bois-Bernard* (0 à 6^{m}). — Localement, à la base des schistes de Méricourt, s'intercale un mince banc d'arkose blanche à gros grains de quartz, avec tourmaline et microcline.

GOTHLANDIEN SUPÉRIEUR :

6° *Grauwacke de Drocourt* (22^{m}, 63 espèces). — Etage composé de grauwackes et de schistes contenant de gros nodules calcaires à Orthocères. La faune est riche, exclusivement marine, comprenant une majorité de types siluriens (plus de 55 pour 100) où dominent : *Spirifer elevatus* Dalm., *Orthis lunata* Sow., *Grammysia cingulata* His., etc., et de très nombreux Orthocères.

7° *Calcaire d'Angres* (62^{m}, 32 espèces). — Calcaire bleu, crinoïdique à la base, finement grenu au sommet, à faune marine, renfermant 78 pour 100 d'espèces siluriennes : *Acaste Downingiæ* Murch., *Calymmene Blumenbachi* Bgt., *Leptæna rhomboïdalis* Wilk., *Rhynchonella borealis* Schlot, etc.

8° *Calcaire de Liévin* (16^{m} environ, 6 espèces). — Calcaire crinoïdique bleu, à *Dayia navicula* Sow., *Orthis Edgelliana* Salt., dont la faune renferme uniquement des types siluriens.

La succession stratigraphique est en ce point interrompue par la *faille du Midi* et l'on descend au delà sur le *terrain houiller*.

Cette série sédimentaire siluro-dévonienne est parfaitement *continue*. On ne relève de la base au sommet aucune trace d'émersion ou de discordance. Elle montre, de bas en haut, un *passage insensible* des sédiments franchement marins néritiques, aux dépôts littoraux détritiques, puis franchement saumâtres, tels que les grès bigarrés à Ostracodermes et végétaux. Même évolution insensible de la faune marine qui, franchement silurienne à la base, prend, au niveau des schistes de Méricourt, un aspect dévonien accusé, par l'apparition de types tels que les *Cryphaeus* et les *Rensselæria*. Les faunes successives se remplacent progressivement par la disparition lente des formes siluriennes, par l'addition lente de types plus jeunes.

Comparaison avec le massif gallois. — La coupe du Pas-de-Calais est comparable à celle des terrains siluriens et dévoniens du Shropshire. La comparaison peut être poussée jusque dans les détails, si nous rapprochons la coupe ci-dessus de celle qu'ont donnée J.-E. Elles et J.-L. Slater [1], des environs de Ludlow. Nous résumerons ce synchronisme sous forme de Tableau ; les assimilations proposées sont fondées avant tout sur les caractères des faunes :

Shropshire.		Artois.	
Old Red Sandstone inférieur		Schistes et grès de Vimy.	Gédinnien.
		Schistes et grès de Pernes.	
Passage beds	Tilestones	Psammites de Liévin.	
	Grès de Downton	Schistes à Tentaculites de Méricourt.	
	[Ludlow bone bed]	[Arkose de Bois-Bernard].	
Upper Ludlow	Chonetes-flags	Grauwacke de Drocourt.	Gothlandien.
	Rhynchonella-flags	Calcaire d'Angres.	
Low. Ludlow (pars).	Calcaire de Mocktree	Calcaire de Liévin.	

En Artois et dans le pays de Galles, la succession est donc rigoureusement la même : on y observe même continuité dans la sédimentation entre le Silurien et le Dévonien, même transformation lente des conditions bathymétriques, depuis les calcaires à Brachiopodes jusqu'aux grès à Ostracodermes. Il faut remarquer, toutefois, que le grès de Downton est représenté en Artois par un dépôt de faciès plus profond, dont la faune marine riche accuse des affinités plus nettement dévoniennes que la faune saumâtre, appauvrie des Passage beds.

Comparaison avec le massif ardennais. — On peut résumer la comparaison entre les terrains siluro-dévoniens de l'Artois et ceux de Belgique de la façon suivante :

---

(1) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. 52, 1906, p. 195.

	Artois.	Ardenne et Brabant.
Gédinnien supérieur.	Schistes et grès de Vimy..........	Schistes verts de Saint-Hubert.
	Schistes et grès de Pernes........	Schistes bigarrés d'Oignies (et schistes de Fooz).
Gédinnien inférieur.	Psammites de Liévin............	Schistes de Mondrepuits.
	Schistes à Tentaculites de Méricourt.	
	Arkose de Bois-Bernard..........	Poudingue de Fépin.
Upper Ludlow.	Grauwacke de Drocourt..........	[Lacune : ridement de l'Ardenne].
	Calcaire d'Angres................	
Lower Ludlow.	Calcaire de Liévin................	
	[Faille du Midi]	
	....	Schistes de Naninne et de Thimensart.

Les schistes de Mondrepuits sont les équivalents exacts, non de l'ensemble des « couches bleues » à faune marine de l'Artois, comme on l'avait d'abord supposé, mais seulement de leur partie supérieure : des schistes de Méricourt. Alors que ces derniers, en effet, contiennent un grand nombre d'espèces communes avec les schistes de Mondrepuits, la faune de Drocourt n'en renferme que 30 pour 100, celle d'Angres 18 pour 100 seulement et celle des calcaires de Liévin plus aucune.

Malgré la faible distance entre les deux régions, la coupe du massif ardennais, telle qu'on la voit aux affleurements, est bien différente de celle de l'Artois : l'étage du Ludlow supérieur est absent en Belgique; cette lacune correspond au plissement, à l'émersion et à l'abrasion du continent ardennais; le Gédinnien y débute par la discordance classique du poudingue de Fépin.

Conséquences systématiques. — *La limite du Silurien et du Dévonien :* Une difficulté surgit de l'examen de ces trois coupes du Shropshire, de l'Artois et de l'Ardenne. Les schistes de Méricourt, terme équivalent du grès de Downton placé par les géologues anglais au sommet du Silurien, sont synchroniques des schistes de Mondrepuits, rangés par les géologues français et belges à la base du Dévonien. La limite supérieure du Silurien paraît ainsi chevaucher sur la limite inférieure du Dévonien.

Pour trancher cette question de nomenclature une solution a été récemment proposée qui consiste à mettre en doute l'individualité de l'étage gédinnien inférieur de Dumont, à l'incorporer dans l'étage silurien

« Upper Ludlow » et à faire passer la limite du Dévonien en Ardenne, non au point de discordance (poudingue de Fépin), mais à la base des schistes d'Oignies.

Nous croyons préférable de maintenir l'intégrité du système gédinnien, pour les raisons suivantes :

1° *La faune marine du Gédinnien inférieur* offre des *caractères* très *généraux*, qui se retrouvent des deux côtés de l'Atlantique (Helderberg hills, Ardennes, Artois, Bretagne, Bohême), fournissant une des meilleures preuves de l'*entité stratigraphique* de cet étage.

Le *Downtonien* (passage beds), dont la faune de poissons est aussi très spéciale, n'est que le facies lagunaire du Gédinnien inférieur.

2° La *limite inférieure du Dévonien*, autant pour des raisons paléontologiques et paléogéographiques que pour respecter l'ensemble des lois de priorité, doit être placée *sous le grès de Downton* (Ludlow bone-bed) en Angleterre, *sous les schistes de Méricourt* (arkose de Bois-Bernard) en Artois, et *sous les schistes de Mondrepuits* (poudingue de Fépin) en Ardenne.

Ainsi, tandis qu'à l'époque du Ludlow supérieur se produisaient de grands mouvements orogéniques émergeant le Brabant, le Condros et façonnant l'Ardenne, et provoquant l'accumulation des poudingues de Fépin, non loin de là, à l'ouest, en Artois, dans le Shropshire, des dépôts à faune marine continuaient à s'empiler régulièrement au fond de la mer.

L'invasion de l'Ardenne par les flots transgressifs de la mer qui accumula les poudingues de Fépin à l'époque gédinnienne, n'a pas eu de répercussion sensible sur les conditions physiques qui régnaient en Artois (Méricourt). Pendant ce grand mouvement de transgression, les êtres marins y continuaient leur évolution, mais synchroniquement avec cette invasion de la mer en Ardenne, on observe en Artois l'arrivée d'espèces marines de l'époque dévonienne, qui viennent se mélanger aux survivants de la faune de Ludlow.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'analyse harmonique des courants alternatifs par le galvanomètre de résonance.* Note [1] de M. **André Blondel**.

L'analyse harmonique des courants alternatifs est déjà réalisée au moyen des phénomènes de résonance électrique par les travaux de Pupin [2] et d'Armagnat [3]; mais ces méthodes entraînent d'importantes corrections dont on a signalé récemment la nécessité [4].

J'ai été ainsi amené à étudier le remplacement de la résonance électrique par une résonance purement mécanique, c'est-à-dire à employer un circuit électrique constant (et exempt d'effet Dolezalek) et un instrument de mesure vibratoire pouvant être amené en résonance successivement avec les différents harmoniques de la tension à analyser.

Les galvanomètres vibrants, imaginés et décrits par moi, il y a déjà longtemps [5], ont été utilisés depuis comme appareils *de zéro* pour les courants alternatifs par différents auteurs. Ici, au contraire, je les emploie comme instruments *à déviations*, étalonnés pour l'analyse, en profitant de la propriété qu'ils ont de renforcer l'harmonique avec lequel ils sont en résonance, d'autant plus fortement que leur coefficient d'amortissement est plus faible.

Je considère ici spécialement les galvanomètres vibrants à cadre mobile (réduit éventuellement à un équipage bifilaire). Je résumerai les caractéristiques de cette méthode nouvelle en étudiant parallèlement deux cas particuliers :

a. Le circuit du galvanomètre ne comprend que des résistances non inductives;

b. Le circuit comporte une ou plusieurs capacités en série.

---

(1) Séance du 4 novembre 1918.

(2) Pupin, *American Journal of Science*, 1893, p. 429, et t. 48, 1894, p. 379 et 473; *Trans. of American. Institute of electrical Engineers*, t. 11, 1894, p. 523; *La Lumière électrique*, t. 53, 1894, p. 288.

(3) Armagnat, *Journal de Physique*, t. 1, 1902, p. 345; *L'Éclairage électrique*, t. 30, 1902, p. 373.

(4) Blondel, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1640; de La Gorce, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, t. 4, 1914, p. 545.

(5) A. Blondel, *Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 502 et 748.

Sensibilité à la résonance. — On appellera, dans ce qui suit, R, L et C la résistance, la self-induction (supposée pratiquement négligeable) et la capacité du circuit du galvanomètre; K le moment d'inertie de son équipage, D son couple directeur; A le facteur d'amortissement mécanique; G la constante galvanométrique ($G = \mathcal{H}SN$); (u_n la tension ou la force électromotrice de l'harmonique de rang n agissant aux bornes du circuit; U_n l'amplitude de cette tension; i_n et I_n les intensités instantanée et maximum correspondantes et traversant le cadre; $\omega = n\Omega$ la vitesse de pulsation du $n^{\text{ième}}$ harmonique.

Enfin, on posera pour plus de symétrie

$$(1)\qquad \frac{1}{A}\left(\frac{D}{\omega} - \omega K\right) = X_n, \qquad \frac{1}{R}\left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right) = Y_n, \qquad \frac{G^2}{AR} = D.$$

On démontre alors que la sensibilité du galvanomètre, que je définirai ici comme le rapport de l'amplitude de l'élongation Θ_n de l'instrument à l'amplitude U_n de la tension correspondante, a pour expression:

$$(2)\qquad S_n = \frac{\Theta_n}{U_n} = \frac{G}{\omega AR\sqrt{(X_n + Y_n)^2 + (Q + 1 - X_n Y_n)^2}}.$$

L'angle de décalage γ_n entre les valeurs instantanées de l'élongation θ_n et de la tension u_n est, d'autre part, donné par

$$(3)\qquad \operatorname{tang}\gamma_n = \frac{Q + 1 - X_n Y_n}{X_n + Y_n}.$$

Le réglage à la résonance s'obtient par une variation, jusqu'à obtention de la sensibilité maximum, du couple de torsion D. Cette variation est obtenue elle-même par modification de la tension des fils (ou du ressort plat) servant à la suspension du cadre [1]. Au point de vue théorique, la résonance mécanique est caractérisée par un maximum de l'équation (2), donc par un minimum du radical de cette équation par rapport aux éléments variables [2] et concentrés dans la quantité X_n définie plus haut [3].

---

[1] On supposera ici l'amortissement A constant, ainsi que l'inertie K du cadre qu'il n'est pas possible de faire varier pratiquement.

[2] On considère ici la pulsation ω et l'amortissement A comme des constantes pendant le réglage. On verra plus loin les précautions à prendre dans ce but.

[3] D'une façon symétrique, on pourrait déterminer les expressions de la sensibilité à la résonance électrique en considérant Y_n comme quantité variable, ou enfin la sensibilité à la résonance électromécanique en faisant varier pour la mise en résonance X_n et Y_n.

La sensibilité $S_{n\,\text{rés}}$ à la résonance mécanique sur le $n^{\text{ième}}$ harmonique est ainsi (après annulation de la dérivée du radical de (2) par rapport à X_n),

$$(4)\qquad S_{n\,\text{rés}} = \frac{G}{\omega AR}\,\frac{\sqrt{1+Y_n^2}}{1+Q+Y_n^2},$$

expression qui se simplifie comme il suit dans les deux cas particuliers que j'étudie ici, et qui sont définis plus haut.

1° Si le galvanomètre est branché *sur résistance non inductive*, ce qui revient à faire Y_n très petit ou même nul, on a en posant $A' = A + \frac{G^2}{R}$, A' étant l'amortissement total (mécanique et électromagnétique),

$$(5)\quad S_{n\,\text{rés}} = \frac{G}{\omega(G^2+AR)}\left[1+\frac{1}{2}\,\frac{G^2-AR}{G^2+AR}\,Y_n^2+\ldots\right] \approx \frac{G}{\omega(G^2+AR)} = \frac{G}{\omega A'R}.$$

La sensibilité à la résonance varie en raison inverse de R, de A′ et de la pulsation. On peut cependant modifier cette sensibilité, en diminuant celle des premiers harmoniques au profit des harmoniques supérieurs par l'emploi d'un shunt convenable, qui modifie R, tout en maintenant l'amortissement électromagnétique constant.

2° L'introduction d'une *capacité* importante dans le circuit du galvanomètre revient théoriquement à faire, dans la formule (4), Y_n très grand et sensiblement (1) égal à $\frac{1}{\omega CR}$. Cette expression (4) devient alors

$$(6)\qquad S_{n\,\text{rés}} = \frac{G}{\omega AR}\,\frac{1}{Y_n}\left[1-\frac{1}{Y_n^2}\,\frac{2Q+1}{2}+\ldots\right] \approx \frac{G}{\omega AR}\,\frac{1}{Y_n} \approx \frac{GC}{A}.$$

La sensibilité à la résonance est proportionnelle à la capacité C, inversement proportionnelle à l'amortissement *mécanique* (2) A et *indépendante de la fréquence*, donc aussi du rang de l'harmonique mis en résonance.

---

(1) Cette condition est réalisée quand le circuit électrique, jamais complètement dépourvu de self-induction, présente une fréquence propre très élevée par rapport à celle de l'harmonique étudié (en pratique, la capacité C doit être de l'ordre de $\frac{1}{10}$ de microfarad).

(2) L'amortissement électromagnétique n'a plus d'influence ici parce que les courants induits dans le cadre sont décalés de $\frac{\pi}{2}$ sur le courant principal.

Triage des harmoniques. — La considération de la sensibilité du galvanomètre pour le seul harmonique mis en résonance ne suffit pas. Comme dans les méthodes d'analyse électrique, la résonance mécanique laisse subsister théoriquement au galvanomètre les élongations provenant de tous les autres termes de la tension périodique étudiée. Pour établir l'effet produit par un harmonique non résonant de rang x, quand le galvanomètre est réglé à la résonance sur l'harmonique $n^{\text{ième}}$, il convient de considérer le rapport des deux sensibilités S_x et $S_{n\,\text{rés}}$, et qui caractérise *l'affaiblissement relatif du terme de rang x*. Le triage des harmoniques se fera d'autant mieux que ce rapport sera plus petit. A ce point de vue, les deux méthodes d'emploi du galvanomètre à vibration (sur résistance ou sur capacité) présentent des propriétés très différentes [1].

On trouve que le galvanomètre monté sur circuit à capacité C produit un meilleur affaiblissement des harmoniques dont le rang x est inférieur à n (rang de l'harmonique en résonance) que le galvanomètre branché sur circuit simplement résistant. C'est l'inverse pour un rang x supérieur à n. En particulier, le terme fondamental ($x = 1$), de beaucoup le plus gênant dans l'analyse harmonique, donne une amplitude qui est sensiblement n fois plus faible par l'emploi d'une capacité que par celui d'une résistance (à égalité d'amortissement A ou A′ et de moment d'inertie K).

Ces déductions théoriques sont vérifiées par l'expérience; les deux clichés ci-contre (*fig.* 1) donnent, par exemple, des résultats de l'analyse de l'harmonique 13 de la distribution de Paris (assez pauvre en harmoniques), par ces deux méthodes de résonance mécanique : à gauche le circuit contient une résistance morte; à droite, une capacité. On voit bien que

---

[1] Voici les expressions générales de ces rapports :

$$(7)\qquad \frac{S_x}{S_{n\,\text{rés}}} = \frac{n}{x}\,\frac{1}{\sqrt{1+\dfrac{n^2\Omega^2K^2}{A'^2}\left(\dfrac{n}{x}-\dfrac{x}{n}\right)^2}} \approx \frac{A'}{\Omega C}\,\frac{n}{n^2-x^2}\quad \text{(en valeurs absolues)}$$

pour le galvanomètre sur circuit à résistance R, et

$$(8)\qquad \frac{S_x}{S_{n\,\text{rés}}} = \frac{1}{\sqrt{1+\dfrac{n^2\Omega^2K^2}{A^2}\left(\dfrac{n}{x}-\dfrac{x}{n}\right)^2}} \approx \frac{A}{\Omega K}\,\frac{x}{n^2-x^2}\quad \text{(en valeurs absolues)}$$

pour le galvanomètre sur circuit à capacité C.

l'utilisation d'un circuit simplement résistant rendrait la précision des mesures assez faible, l'onde fondamentale devenant alors extrêmement prépondérante ([1]), tandis qu'avec la capacité en série, la sensibilité et le triage sont satisfaisants.

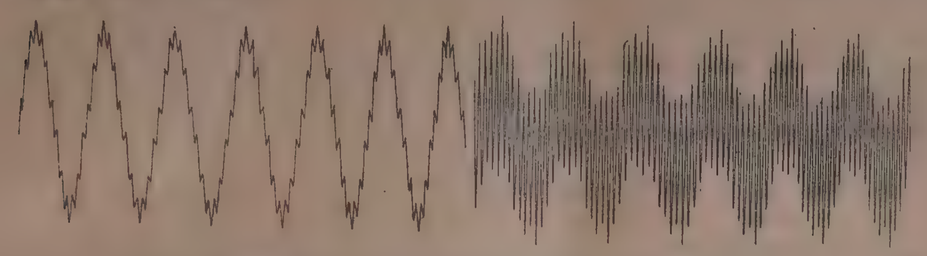


Fig. 1. — Comparaison entre les deux méthodes d'analyse par résonance (harmonique 13). Echelle moitié de la vraie grandeur.

A titre d'exemple, j'indique dans le Tableau ci-dessous les valeurs des amplitudes des harmoniques et les sensibilités du galvanomètre dans les deux montages, après un tarage préalable.

	Galvanomètre de résonance	
	sur résistance.	sur capacité.
Amplitude de l'harmonique en résonance Θ_{13} rés.	$3^{mm},25$	$18^{mm},5$
Amplitude du terme fondamental Θ_1	25^{mm}	11^{mm}
Rapport de ces deux amplitudes : $\xi = \frac{\Theta_{13}\ \text{rés.}}{\Theta_1}$	0,13	1,68
Sensibilité pour $n = 13$ en mm : volt	$10^{mm},3$	$58^{mm},5$
» $n = 1$ »	$0^{mm},161$	$0^{mm},071$
Rapport de ces deux sensibilités ζ	63,7	825
Pourcentage de l'harmonique $13 \times \frac{100\xi}{\zeta}$	0,2041 p. 100	0,2035 p. 100

Les chiffres obtenus à la dernière ligne pour la valeur de l'amplitude de l'harmonique en pour 100 par rapport à l'amplitude de l'harmonique fondamental, sont sensiblement les mêmes dans les deux méthodes, mais il n'en est pas de même du rapport des sensibilités : ce rapport égale $\frac{825}{63,7} = 13$,

([1]) Pour les harmoniques supérieurs, on verrait qu'il est facile d'obtenir l'amplitude approximative U_n de la tension rapportée à l'amplitude fondamentale U_1 par simple relevé des deux ondes sur les clichés, en connaissant, en outre, les constantes A et K du galvanomètre [ceci ressort des équations (7) et (8)].

c'est-à-dire qu'il est sensiblement égal au numéro d'ordre de l'harmonique, comme l'indique la théorie.

Le coefficient d'amplification de la sensibilité 63,7 dans le cas du galvanomètre de résonance est très sensiblement égal au rapport de la sensibilité de résonance à la sensibilité statique. Le chiffre 63,7 n'est pas très élevé par rapport à la sensibilité de résonance qu'on peut réaliser pour un galvanomètre de résonance destiné à l'emploi de la méthode de zéro (cas auquel on obtient 200 à 600), mais une résonance très aiguë présenterait des inconvénients qu'on exposera ailleurs.

Corrections à la théorie précédente. — Dans ce qui précède, on a fait diverses hypothèses simplificatrices en admettant la constance de l'amortissement mécanique A et de la résistance en série R. En pratique, les choses ne se passent pas tout à fait ainsi; et des corrections peuvent être nécessitées, au moins pour un calcul de seconde approximation.

Des mesures expérimentales [1] nous ont montré que l'amortissement A est pratiquement indépendant de la pression du gaz dans lequel le cadre est plongé. Il ne dépend pas non plus sensiblement de la tension du bifilaire; mais il varie dans de grandes limites avec la longueur de ce bifilaire délimité par l'écartement de ses supports [2].

Il conviendrait donc, pour des mesures précises, de définir une fois pour toutes un certain nombre d'écartements de chevalets réservés chacun à l'obtention de certaines fréquences, et de faire l'étalonnement en fonction de la fréquence pour chacun de ces écarts; on peut d'ailleurs tracer une courbe des chiffres ainsi obtenus en fonction des écarts.

D'autre part, les condensateurs industriels donnent lieu à des variations de capacité $\frac{\Delta C}{C}$ et à des pertes par hystérésis diélectrique. Ces pertes par hystérésis peuvent se traduire schématiquement par l'adjonction, à un condensateur parfait, d'une résistance en *dérivation* R_s, ou pratiquement d'une résistance en *série* r [3].

---

(1) Cf. BLONDEL et CARBENAY, *Annales de Physique*, septembre 1917.

(2) Cette variation de A n'a pas à intervenir dans les équations précédentes, à condition qu'on règle la mise en résonance par variation de la *tension* du bifilaire en maintenant constant l'écartement des chevalets et des fils du bifilaire. Mais elle doit intervenir quand on veut comparer les conditions de construction de différents appareils de résonance.

(3) Cf. DE LA GORCE, *loc. cit.*

Enfin, les fils sont soumis à l'influence de courants parasites qui donnent lieu à des pertes connues sous le nom d'effet Dolezalek.

En pratique, les corrections provenant de l'influence de ces deux dernières causes sont cependant faibles. Elles ne sont en tout cas pas en rapport avec les corrections correspondantes que nécessitent les méthodes de résonance électrique.

La méthode de résonance mécanique sur résistance en série (avec ou sans shunt), n'est exacte que si l'on emploie des fils assez fins pour permettre de négliger les effets Dolezalek dans les résistances ou dans les bobines du shunt; mais ces dernières peuvent elles-mêmes donner lieu à des effets de capacité et à des pertes parasites dans les isolants, dès que la fréquence est élevée. Aussi, en définitive, la méthode la plus recommandable est-elle celle du galvanomètre de résonance monté directement sur condensateur, car les pertes par hystérésis diélectrique ne modifient pas d'une façon sensible les résultats; et la sensibilité à la résonance conserve sa valeur établie dans l'hypothèse d'un condensateur parfait comme le montre une étude théorique.

D'ailleurs, quand on veut étudier les harmoniques supérieurs, seul le galvanomètre vibrant sur condensateur donne alors une suffisante précision.

Remarque. — La méthode d'analyse harmonique par résonance électromécanique, qui consiste à régler à la résonance le galvanomètre vibrant et le circuit électrique sur lequel il est branché, donne pour sensibilité à la résonance l'expression (5) et pour rapport des sensibilités S_x à $S_{n\,\text{rés}}$:

$$(9)\qquad \frac{S_x}{S_{n\,\text{rés}}} \approx \frac{A'}{\Omega K}\,\frac{n}{n^2 - x^2} \times \frac{R x}{\Omega L\, n^2 - x^2}.$$

L'affaiblissement des termes non résonants est ainsi bien supérieur à celui que donnent les méthodes de résonance purement mécanique ou électrique. Mais cette méthode, bien que la plus parfaite en principe, exige des étalonnements plus compliqués que chacune des deux autres méthodes de résonance simple.

Toutes ces questions sont étudiées avec plus de détails dans un Mémoire qui va paraître dans un autre Recueil.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un académicien libre, en remplacement de M. *Léon Labbé*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 57,

M. le Maréchal Foch réunit l'unanimité des suffrages.

M. le Maréchal **Foch** est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Après la proclamation de ce résultat, M. le **Président** prononce l'allocution suivante :

« L'Académie ne s'étonnera pas si, dans une circonstance qui n'a point de précédent dans le passé et n'aura sans doute point d'analogue dans l'avenir, je transgresse une tradition séculaire pour adresser immédiatement le salut de l'Académie des Sciences et l'expression de son admiration au nouvel élu, au vainqueur de la plus grande des guerres, au glorieux soldat entré vivant dans l'histoire.

» Sa puissante logique, la robuste sobriété de ses écrits et de sa parole, cet enchaînement rigoureux des coups multipliés portés à l'ennemi, enchaînement qui a quelque chose d'inexorable comme une suite de théorèmes et qui nous fait songer au vieil axiome platonicien : « Les choses divines s'accomplissent par la géométrie », toutes ces qualités si rationnelles et si françaises expliquent pourquoi l'Académie des Sciences a tenu à honneur d'ouvrir ses rangs au maréchal Foch.

» Saluons, Messieurs, l'heureuse coïncidence par laquelle la minute de cette élection se trouve être celle où tous les gouvernements alliés annoncent à leurs parlements respectifs la signature et les termes d'un armistice, qui constitue l'aveu par l'ennemi de son écrasante défaite, et la consécration définitive de notre victoire. »

MM. **d'Arsonval** et **Ed. Perrier** prennent la parole pour rappeler que c'est M. Painlevé, aujourd'hui président de l'Académie, qui a, comme

ministre de la guerre, nommé, en mai 1917, le maréchal, alors général, Foch chef d'état-major général et le général Pétain commandant en chef de l'armée française. Ils le félicitent d'avoir ainsi associé indirectement l'Académie au choix des deux chefs qui nous ont conduits à la victoire.

M. le **Président** remercie ses deux confrères et l'Académie de leur bienveillante manifestation et ajoute que le double choix dont il a pris alors la responsabilité sera l'honneur de sa vie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la dépêche suivante :

Lisboa, 9 novembre 1918.

Recevez chaleureuses félicitations de l'Académie des Sciences Portugal.

Antonio Cabreira,
Secrétaire perpétuel.

MM. **André Chalier**, **P. Chrétien**, **Hugues Clément**, **Louis Fabry**, **Guyénot** adressent des remerciements à l'Académie pour les distinctions qu'elle a accordées à leurs travaux.

M. **H. Perrier de la Bathie** remercie l'Académie de la subvention qui lui a été accordée sur le *fonds Bonaparte*.

Mme Veuve **Samuel Lattès** remercie l'Académie de la distinction accordée aux travaux de son mari.

ASTRONOMIE. — *Sur une méthode permettant la photographie simultanée des étoiles en deux différentes régions du spectre.* Note de M. **Mentore Maggini**, présentée par M. Bigourdan.

La détermination du changement d'éclat des étoiles variables dans des groupes d'ondes choisis, a été imaginée indépendamment par MM. Nordmann

et Tikhoff en vue de déceler une dispersion dans le milieu interstellaire [1]. Les méthodes employées par ces astronomes sont semblables dans leur principe, qui consiste à produire une série d'images monochromatiques de l'étoile dont on détermine l'éclat, mais diffèrent dans leur dispositif, puisque M. Nordmann recourut à l'observation visuelle avec son *photomètre hétérochrome*, tandis que M. Tikhoff employa la méthode photographique. Les résultats obtenus par ces astronomes portaient sur quatre variables rapides : β *Persei*, λ *Tauri*, RI *Persei*, W *Ursæ Majoris*, et tendaient à montrer que les époques des minima ne sont pas tout à fait simultanées pour des régions différentes du spectre.

En vue de poursuivre ces recherches, j'ai entrepris, dès l'année 1915, la détermination des minima monochromatiques et des courbes de lumière d'un certain nombre de variables à changement d'éclat rapide. Le dispositif dont je fais usage et que je vais indiquer sommairement, tend à éliminer les causes d'erreur qui peuvent résulter de l'achromatisme des instruments employés et de la nécessité d'alterner les observations dans les longueurs d'onde choisies.

L'instrument que j'ai employé est le réflecteur Calver de l'Observatoire Ximénien, dont le miroir mesure 35^{cm} d'ouverture, gracieusement mis à ma disposition par le Directeur, P. Guido Alfani. La monture du télescope est newtonienne, avec petit miroir plan à 45°; ce miroir a été enlevé et à sa place, sur son support, j'ai placé un filtre constitué par deux lames en verre travaillées à faces parallèles, renfermant entre elles un liquide coloré. Lorsqu'on vise une étoile, les deux lames du filtre se comportent chacune comme un miroir : les rayons incidents sont en partie réfléchis par la lame antérieure et vont former sur une plaque photographique, à la place de l'oculaire, une première image; une autre partie traverse le filtre; ces rayons sont réfléchis par la lame postérieure et vont former une deuxième image, *colorée*, près de l'image précédente. Suivant l'intensité des rayons incidents et l'indice de réfraction du liquide, on peut avoir un nombre plus ou moins grand d'images *colorées*, dues aux réflexions multiples, alignées avec la première; en général, lorsqu'il s'agit d'une étoile plus faible que la cinquième grandeur, on en a seulement une. Comme la lame antérieure du filtre a deux surfaces réfléchissantes, il en résulte qu'on a deux images en lumière naturelle; par conséquent, il est nécessaire de donner une certaine épaisseur à cette lame afin d'avoir ces images bien séparées.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 148 et suiv.; *Bulletin astronomique*, t. 26, 1909, et t. 27, 1910; *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. 21, 1904; *Publ. de l'École des Mines de Ekaterinoslaw*, 1905; *Mitteil. zu Pulkowo*, Bd. II, 1908.

Les filtres dont je fais usage résultent de deux lames, soigneusement travaillées à faces parallèles, ayant 4^{mm} d'épaisseur, maintenues à la distance de 6^{mm} par un anneau métallique formant avec elles une boîte dans laquelle on introduit la solution au moyen d'une pipette.

A cause de l'absorption du liquide, l'intensité de l'image colorée est fort réduite; il faut pour cela que la lame postérieure du filtre soit argentée. Le filtre étant placé sur le support du petit miroir, on comprend que les images données par ses deux lames se forment dans un plan plus ou moins incliné sur l'axe optique du télescope suivant l'épaisseur et l'indice de réfraction du liquide. Il s'ensuit que la plaque photographique doit pouvoir prendre ces positions inclinées.

Aux images données par la lame antérieure du filtre, que nous appellerons *images normales*, correspond une longueur d'onde moyenne qui est fonction du type spectral de l'étoile et de la sensibilité des plaques employées. Aux images données par la lame postérieure correspond la longueur d'onde moyenne du groupe d'ondes qui traversent le liquide.

Je fais généralement usage de quatre filtres dont les solutions laissent passer les longueurs d'onde moyennes suivantes :

Filtre 1............................	$\lambda = 645^{\mu\mu}$
» 2............................	558
» 3............................	412
» 4............................	335

Ce qu'il faut connaître pour ces quatre filtres, c'est le rapport d'intensité de l'image *normale* à l'image *colorée* ou, ce qui revient au même, leur différence en grandeurs stellaires. Si m est la grandeur stellaire de l'image *normale*, m_λ celle de l'image *colorée*, on peut écrire l'identité

$$(1)\qquad m_\lambda - m = \mathrm{K} - \mathrm{J}_\lambda,$$

où K est une constante qui dépend de l'absorption du filtre, et que j'ai déterminée à l'aide de photographies d'étoiles artificielles ou d'étoiles du type spectral A_0; J_λ est une quantité qu'on peut définir comme étant le rapport d'intensité de la région λ à la région de plus grande sensibilité des plaques, c'est-à-dire une quantité qui est fonction du type spectral de l'étoile et de la radiation λ du filtre. Étant données ces conditions on peut considérer J_λ comme une sorte d'indice de coloration : nous l'appellerons *indice de coloration par rapport à* λ. Il en résulte que, pour une étoile dont le type spectral est S, on peut exprimer J_λ avec la somme de termes jadis donnée par Kapteyn à propos de l'indice de coloration, c'est-à-dire

$$(2)\qquad \mathrm{J}_\lambda = \mathrm{J}_{\lambda \mathrm{S}} + \mathrm{J}_{\lambda \mathrm{MS}} + \mathrm{J}_{\lambda\pi},$$

où $\mathrm{J}_{\lambda \mathrm{S}}$ est l'indice de coloration moyen qui correspond au spectre S de l'étoile, $\mathrm{J}_{\lambda \mathrm{MS}}$

et $J_{\lambda\pi}$ sont les termes qui dépendent de la grandeur et de la parallaxe. En pratique ces deux derniers termes sont négligeables, de manière qu'il ne reste à déterminer que le principal $J_{\lambda S}$.

J'ai fait cette détermination en photographiant avec mes quatre filtres une trentaine d'étoiles choisies dans les *Yerkes Actinometry* de Parkhurst [1] comprenant les types spectraux de B_0 à M; la quantité J_λ a été calculée à l'aide de la formule (1). Les courbes qui résultent en prenant les $J_{\lambda S}$ comme abscisses et les types spectraux comme ordonnées sont des lignes droites s'entre-croisant en un point dont les coordonnées sont $J_\lambda = 0$, $S = A_0$, de manière qu'on a les relations suivantes pour les indices de coloration :

$$(3) \qquad \begin{cases} J_{645} = +0,62\,S, \\ J_{558} = +0,38\,S, \\ J_{412} = -0,32\,S, \\ J_{335} = -0,62\,S, \end{cases}$$

où S prend les valeurs -1, 0, $+1$, etc. suivant que le type spectral est B_0, A_0, F_0, etc.

Avec la méthode que je viens de décrire sommairement, j'ai observé jusqu'à aujourd'hui vingt variables, la plus grande partie du type d'Algol, dont j'ai déterminé le changement d'éclat en lumière naturelle et dans les quatre radiations monochromatiques 645, 558, 412, $335^{\mu\mu}$.

Le châssis a été arrangé de manière à obtenir sur une même plaque de seize à vingt images de la variable, dont on a déterminé l'éclat à l'aide d'échelles photométriques spécialement dressées.

Outre maintes caractéristiques dans les courbes de lumière, la comparaison des époques des minima a fourni des données précises à l'égard du phénomène Nordmann-Tikhoff.

ASTROPHYSIQUE. — *Constitution du noyau et de l'atmosphère du Soleil.* Note [2] de M. A. Véronnet, transmise par M. Puiseux.

Les démonstrations faites précédemment pour une masse gazeuse, formée d'un seul gaz, s'appliquent intégralement à un mélange gazeux, si l'on

(1) *Astroph. Journal*, vol. 36, p. 169-227.

(2) Séance du 14 octobre 1918.

néglige seulement en première approximation les faibles différences entre les coefficients de dilatation et de compressibilité (¹). On peut alors calculer *la composition de la masse en chaque point si on la connaît seulement en un point.* Quand la pression atteint 1500^{atm} environ, les gaz atteignent en même temps le tiers de leur densité limite et la courbe des densités possède là un point d'inflexion brusque, qui délimite nettement le noyau et l'atmosphère. On regardera provisoirement la température comme uniforme.

Pour le *noyau* on peut regarder toutes les molécules comme diatomiques, à cause des fortes pressions. Le poids atomique moyen correspondant à 6000° et à la densité 1,41 serait à peu près de 110, voisin de celui de l'argent, 108. On a fait les calculs en admettant, sur la couche où la pression atteint 1500^{atm}, une proportion de 0,4 d'argent, de 0,1 de fer (56), de 0,1 de calcium (40), de 0,1 de sodium (23), enfin de 0,3 de tantale (180), pour rétablir la moyenne 110. On obtient le Tableau suivant. La densité du Soleil est prise comme unité. Le premier chiffre à droite représente des millièmes.

x (km).	0.	1.	2.	5.	10.	20.	30.	50.	100.	Centre.
Ta.....	0,100	173	220	265	283	291	294	297	300	0,3
Ag.....	0,133	200	248	322	361	382	387	390	396	0,4
Fe.....	0,033	42	50	67	82	91	94	97	99	0,1
Ca.....	0,033	40	46	61	75	86	91	95	97	0,1
Na.....	0,033	37	41	51	64	77	84	91	96	0,1
D.....	0,332	492	605	766	865	927	950	970	988	1,0

On voit que la densité a presque doublé sur 2^{km} seulement, passant de 0,332 à 0,605. Elle atteint près de 0,99 à 100^{km} de profondeur, ce qui correspondrait à 1^{km} sur la Terre. La densité est *uniforme* et la composition *homogène* dans toute la masse, à quelques millièmes près, s'il n'intervient pas de phénomènes de condensation liquide.

Dans l'*atmosphère*, en considérant les gaz comme monoatomiques, à cause de la haute température et des faibles pressions, et en admettant sur la couche d'inflexion la même composition que précédemment avec en plus 0,001 d'hydrogène, on obtient le Tableau suivant de la variation de la densité des différents éléments avec la hauteur x en kilomètres. Les densités ont été multipliées par 1000, ce qui donne à peu près les densités par

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1035, et t. 166, 1918, p. 109.

rapport à l'air (la densité du Soleil étant 1,4 et celle de l'air 0,0013). On a ajouté au bas la densité moyenne D en admettant seulement 0,0001 d'hydrogène.

x (km).	0.	2.	5.	10.	20.	30.	40.	50.	100.
Ta	100	29	2	10^{-2}	10^{-6}	10^{-10}	10^{-14}	10^{-19}	10^{-40}
Ag	133	67	17	0,9	10^{-3}	10^{-5}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-24}
Fe	33	25	14	2,7	0,2	0,01	5.10^{-4}	3.10^{-5}	6.10^{-12}
Ca	33	27	18	8,1	1,1	0,12	14.10^{-3}	16.10^{-4}	3.10^{-8}
Na	33	30	24	16,3	6,1	1,8	0,57	0,19	3.10^{-4}
H	1	1	1	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,76
D	333	179	76	29,0	8,35	2,86	1,48	1,07	0,76
H	0,1	0,1	0,1	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08
D	332	178	75	28,9	7,5	2,0	0,67	0,28	0,08

On voit que la densité est tombée déjà à la moitié de sa valeur à 2^{km}, et à moins de 0,01 à 30^{km}. A l'inverse de ce qui se passe dans le noyau, la composition varie également vite. Les vapeurs de tantale, et toutes les vapeurs plus lourdes (iridium, platine, or, mercure, plomb, bismuth, radium, uranium), ne comptent déjà plus dans la densité totale à partir de 20^{km}, celles de l'argent et métaux à poids atomiques voisins (molybdène, palladium, cadmium, étain, antimoine, tellure, baryum), vers 30^{km}. On pourra donc négliger les vapeurs lourdes dans l'étude de la composition de l'atmosphère visible.

Comme l'absorption de l'atmosphère solaire est du même ordre que celle de l'atmosphère terrestre, on peut admettre qu'à la surface de la photosphère la densité de l'atmosphère solaire est voisine de la nôtre. D'après le Tableau, la hauteur de la photosphère au-dessus du noyau serait alors de 50^{km} dans le premier cas, ou de 30^{km} à 35^{km} dans le second, avec 0,1 d'hydrogène. Il semble que les nombres fournis dans ce dernier cas cadrent mieux avec la proportion probable de l'hydrogène et des vapeurs métalliques, fer, calcium, sodium, à la base de la couche renversante.

En passant de 20^{km} au-dessus du point d'inflexion, à 10^{km} au-dessous, on voit que la densité passe de 0,0083 à 0,865, c'est-à-dire de celle des gaz à celle des liquides, avec un accroissement de 110 fois sa valeur pour une profondeur de 30^{km} seulement. Il y a donc une couche de niveau parfaitement définie et stable, qui délimite nettement le noyau, ce qui permet de concevoir l'atmosphère solaire à l'image de la nôtre, selon les idées de Faye.

Nous savons que les nuages descendent plus bas en hiver qu'en été, parce que les mouvements de convection sont plus faibles à température plus basse. Supposons que le Soleil se refroidisse un peu, sa zone de condensation descendra davantage, à 20^{km} par exemple. Les vapeurs lourdes apparaîtront, d'après le Tableau ci-dessus, avec combinaisons possibles, et la couche traversée deviendra 8 fois plus épaisse. Le Soleil prendra les apparences d'un Soleil couchant, c'est-à-dire d'une *étoile rouge*. Remontons dans le passé, sur le Soleil plus chaud la zone de condensation remontait plus haut, à 50^{km} ou 100^{km} par exemple. Le Tableau indique à ce niveau des vapeurs métalliques plus rares et plus légères. Le Soleil présentait le spectre d'une *étoile blanche*.

Enfin on voit que l'atmosphère solaire est formée presque uniquement d'hydrogène, au moins à partir de 100^{km}, et quelle que soit la proportion des vapeurs métalliques. Sa densité tombe d'ailleurs de 0,1 tous les 425^{km} seulement. Elle atteint sa pression limite 8.10^{-12} atm à 4500^{km}, c'est-à-dire 6″,30 en lui attribuant une pression d'une atmosphère à la surface. Or on a observé des vapeurs métalliques jusqu'à 8″ de hauteur. Il faut qu'il s'y trouve un gaz plus léger. En admettant une proportion de coronium de 10^{-6}, avec poids atomique $\frac{1}{4}$, la limite de l'atmosphère solaire sera reportée à 10000^{km}, soit 14″,16 et celle des vapeurs métalliques à 6800^{km}, soit 9″,44. Avec un poids atomique de $\frac{1}{10}$ et une proportion de 10^{-8}, on aurait 24″ et 12″.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un procédé de dosage des métaux par dépôt électrolytique sans emploi d'une énergie électrique étrangère.* Note de M. **Maurice François**, présentée par M. Charles Moureu.

Si l'on dispose en travers d'un creuset de platine contenant de l'acide sulfurique dilué une tige d'un métal conducteur d'environ 1^{mm} de diamètre et si l'on suspend à cette tige une petite lame de zinc ou d'aluminium courbée en crochet à sa partie supérieure et plongeant par sa partie inférieure dans l'acide sans atteindre le fond du creuset, on constitue une petite pile dont la lame de zinc ou d'aluminium forme le métal attaquable. Si le creuset contient, outre l'acide sulfurique dilué, un sel de mercure, de l'iodure mercurique par exemple, on voit du mercure se déposer sur la paroi du creuset de platine et non sur le zinc. Le courant intérieur de la petite pile peut donc produire un dépôt du métal d'un sel qu'on y a introduit

volontairement et la pesée de ce dépôt peut conduire à un procédé de dosage.

Si l'acide sulfurique est remplacé dans le creuset par un autre réactif susceptible d'attaquer le zinc ou l'aluminium en fournissant un courant, et si le sel de mercure est remplacé par un sel d'un métal électrolysable, l'ensemble des phénomènes constatés reste le même.

J'ai appliqué ces données au dosage de l'argent, de l'or et du mercure, et la persuasion que j'ai que cette méthode peut être étendue à d'autres cas m'engage à la publier.

Pour le dosage de l'argent et de l'or, le liquide producteur du courant est une solution de potasse chargée de cyanure de potassium; pour le dosage du mercure, c'est une solution d'acide sulfurique.

Dans la mise au point de ce procédé de dosage, c'est-à-dire dans les expériences conduites pour trouver les conditions qui permettent d'obtenir des résultats numériques exacts, j'ai éprouvé des difficultés du fait de l'existence d'actions secondaires qui font qu'une petite quantité du métal à doser se dépose sur le zinc ou l'aluminium. Ce fait est dû à l'existence de petits couples électriques constitués par les impuretés du zinc ou de l'aluminium et qui agissent pour leur part, indépendamment de l'action principale qui porte le métal à doser sur le creuset de platine.

Ces actions secondaires ont été évitées par l'emploi exclusif du zinc amalgamé recouvert d'une membrane poreuse constituée par un recouvrement de papier à filtrer.

L'appareil auquel je me suis arrêté comprend donc :

a. Un creuset de platine de 20^{cm^3} à 25^{cm^3} de capacité;

b. Une lame de nickel de $0^{mm},5$ d'épaisseur, 60^{mm} de longueur et 12^{mm} de largeur taillée en fourchette, c'est-à-dire portant sur la moitié de sa longueur une échancrure de 3^{mm} de largeur. Elle est posée sur le creuset et porte la baguette de zinc;

c. Une baguette cylindrique de zinc pur de 5^{mm} de diamètre et 40^{mm} de haut portant, à 3^{mm} environ de l'une de ses extrémités, deux encoches en regard qui permettent de l'engager dans l'échancrure de la fourchette de nickel.

Cette baguette est amalgamée au moins 24 heures avant l'usage et est couverte avant l'emploi d'un papier à filtrer replié et maintenu par un fil à coudre.

Il m'est impossible, faute d'espace, d'indiquer le détail des opérations pour chacun des trois dosages étudiés. Je puis dire seulement que, pour les dosages de l'argent et de l'or, le liquide contenu dans le creuset est formé de :

2^{cm^3} d'eau destinés à dissoudre le sel à doser;

9^{cm^3} de dissolution de cyanure de potassium pur à 100^g par litre;

5^{cm^3} de lessive de potasse à 36° B.;

2^{cm^3} d'ammoniaque à 22° B.

Pour le dosage du mercure, le creuset contient 20^{cm^3} d'une solution d'acide sulfurique à 100^g par litre et $0^g,500$ d'iodure de potassium.

Dans tous les cas, la durée de l'opération est de 24 heures.

Les résultats obtenus sont exacts.

Différentes mesures effectuées au cours de ce travail établissent la nature des phénomènes qui se passent dans le creuset pendant les dosages.

a. Ainsi, si, supprimant la fourchette de nickel, on relie le creuset de platine et la baguette de zinc plongeant dans le creuset à un galvanométre au moyen de fils de cuivre de forme appropriée, on constate l'existence d'un courant.

b. Au cours des dosages, dans la période où l'élément à doser reste abondant dans le bain qui remplit le creuset, le poids du zinc dissous et le poids du métal à doser déposé sont ceux que font prévoir les lois de Faraday. Ainsi, pour un atome de zinc passé à l'état de solution, il se dépose un atome de mercure.

c. Par la pesée du dépôt métallique produit en un temps déterminé on peut connaître l'intensité moyenne du courant électrique pendant ce temps et en déduire la densité du courant sur le creuset dont la surface couverte par le dépôt métallique est 30^{cm^2}.

Pour l'argent pendant les 45 premières minutes de l'opération, l'intensité moyenne est de 7 milliampères; la densité du courant sur le creuset est de 23 milliampères par décimètre carré.

Pour le mercure, l'intensité moyenne pendant les 45 premières minutes est de 33 milliampères; la densité du courant sur le creuset est de 110 milliampères par décimètre carré.

GÉOLOGIE. — *Sur le synchronisme des dépôts et des mouvements orogéniques dans les détroits Nord-Bétique et Sud-Rifain (Espagne méridionale et Maroc)*. Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Émile Haug.

Mes observations en Andalousie ([1]), en modifiant l'idée généralement admise sur le fonctionnement du détroit Nord-Bétique, m'ont amené à donner une forme nouvelle aux comparaisons que j'avais établies avec le détroit Sud-Rifain.

([1]) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 299.

C'est ainsi que, le détroit Andalou étant supposé fermé au Vindobonien (Miocène moyen) ([1]), j'avais envisagé comme un balancement entre les deux communications marines ([2]). Il fallait, en outre, admettre, d'après les travaux de mes devanciers sur l'Espagne méridionale, des différences notables dans la sédimentation des deux bras de mer. Enfin, au point de vue tectonique, il était impossible de faire un rapprochement entre le détroit Nord-Bétique et le détroit Sud-Rifain.

A la suite de mes recherches en Andalousie et de mes dernières études sur le Maroc, je crois pouvoir établir un parallèle plus serré entre les deux communications néogènes qui mettaient en relation l'océan Atlantique et la mer Méditerranée.

Les dépôts des premier et deuxième étages méditerranéens offrent les mêmes faciès (dépôts isopiques) dans les deux détroits.

Dans la vallée du Guadalquivir, en Espagne, comme dans le R'arb et la région de Taza, au Maroc, le Burdigalien (1er étage) est essentiellement détritique, formé de grès plus ou moins grossiers, siliceux ou calcarifères, débutant fréquemment par un conglomérat de base. Cet étage marque le début de la transgression miocène.

Le deuxième étage est représenté, d'abord par une puissante formation argileuse ou marneuse où abondent les Foraminifères. Ce faciès bathyal correspond au maximum d'approfondissement de la communication marine. En Espagne comme au Maroc, ce sous-étage helvétien peut atteindre 300m à 500m d'épaisseur.

Avec le Tortonien réapparaît un faciès néritique du sommet du deuxième étage méditerranéen. Des bancs de grès se montrent d'abord, intercalés à la partie supérieure des marnes helvétiennes; ils deviennent ensuite de plus en plus fréquents et passent insensiblement à une formation gréseuse, puis à des conglomérats qui atteignent une puissance considérable dans le bassin de Grenade (jusqu'à 300m sous l'Alhambra). Dans le détroit Sud-Rifain, les mêmes grès plus ou moins sableux et les mêmes poudingues se montrent dans le R'arb et, dans la moyenne Mlouya, des conglomérats puissants, parfois à gros galets plus ou moins roulés, rappellent la « Blockformation » de l'Alhambra.

Les dépôts détritiques présagent l'avènement d'une période d'*émersion* et marquent le maximum de transgression de la mer miocène.

Au Miocène supérieur se manifeste une régression de la mer.

Les dépôts saumâtres (marnes gypseuses) du bassin de Grenade ont leur équivalent

---

([1]) Voir à ce sujet É. Haug, *Traité de Géologie*, t. 2, p. 1731.

([2]) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 415.

dans la vallée de la Mlouya, où des argiles olivâtres à gypse surmontent le Vindobonien à *Ostrea crassissima* Lam. De même, les calcaires lacustres à *Planorbis Mantelli* Dunker, qui terminent l'étage pontique du bassin de Grenade, ont leur représentant dans les dépôts du détroit Sud-Rifain [1]. Depuis la vallée de la Mlouya jusqu'à Meknès, on peut suivre, par Taza et Fez, une série de lambeaux de calcaires lacustres à *Pirenella bidisjuncta*, Planorbes, Limnées, qui trahissent l'émersion complète de la communication marine du Maroc, au Miocène supérieur.

Ainsi, au point de vue stratigraphique, il convient d'admettre une identité frappante entre le détroit Nord-Bétique et le détroit Sud-Rifain. Les dépôts y sont de même âge et ils offrent, des deux côtés, les mêmes faciès.

La communication entre l'océan Atlantique et la Méditerranée est donc établie, aussi bien en Espagne qu'au Maroc, par la transgression burdigalienne, qui atteignait son maximum au Tortonien. Puis, le retrait de la mer sahélienne, dans le détroit Sud-Rifain comme dans le détroit Nord-Bétique, indiquait la régression de la mer miocène, correspondant à la fermeture simultanée des deux détroits.

Cette impressionnante unité entre l'histoire du détroit Nord-Bétique et celle du détroit Sud-Rifain se complète par la simultanéité des grands mouvements qui ont affecté leurs dépôts.

J'ai montré que les nappes de charriage signalées par René Nicklès et Robert Douvillé, dans la partie orientale du détroit Nord-Bétique, s'étendaient aussi à toute la région occidentale et que l'âge de ces phénomènes de recouvrement peut être fixé, avec une assez grande précision, entre l'Helvétien et le Tortonien [2].

De nouvelles observations viennent confirmer le raccordement des nappes andalouses avec les nappes prérifaines que nous avons mises en lumière, MM. Lugeon, Joleaud et moi, dans le R'arb marocain [3].

C'est ainsi que le Nummulitique dans la région d'Arbaoua et du djebel Sarsar, que je présumais appartenir à une nappe éocène, est bien en recouvrement sur le Néogène, comme l'attestent de belles fenêtres de marnes helvétiennes dans la haute vallée de l'oued Mda.

Là, on voit le Trias gypseux étiré entre l'Helvétien et la nappe nummulitique. De plus, j'ai pu suivre cette nappe éocène jusqu'à la *trouée* de Taza, où de nouvelles

---

(1) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 299.
(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 373.
(3) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 217, 290, 472 et 614.

fenêtres de marnes vindoboniennes mettent en évidence le recouvrement du Nummulitique sur les dépôts du détroit Sud-Rifain.

Enfin, nous savons que, de même que celles du détroit Nord-Bétique, les nappes marocaines sont comprises entre l'Helvétien et le Tortonien.

Toutes ces observations complètent, au point de vue tectonique, l'unité qui existe, au point de vue stratigraphique, dans l'histoire des deux détroits espagnol ou marocain.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le genre* Parkinsonia (*caractères génériques, affinités, espèces*). Note de M. **Constant Nicolesco**, présentée par M. Émile Haug.

Créé, sans diagnose, en 1878, par Bayle ([1]), ce genre (type : *Amm. Parkinsoni* Sow.) fut l'objet de recherches de la part de O. Schlippe, qui, après en avoir exclu les formes connues aujourd'hui sous les noms de *Tmetoceras* Buckm., *Strenoceras* et *Garantia* Hyatt, en donna une diagnose succincte ([2]), revue plus tard par Wetzel ([3]).

En tenant compte des interprétations antérieures, ce genre comprend des espèces ornées, à côtes bifurquées, généralement alternantes et non terminées par des tubercules, aboutissant, sur la région externe, à un sillon plus ou moins profond. Cette définition ne s'applique d'ailleurs qu'à la grande majorité et non à la généralité des cas. Si l'alternance des côtes ne comporte que de très rares exceptions, le sillon médian peut faire défaut chez le jeune et plus rarement dans l'adulte. On doit donc envisager ces deux caractères comme susceptibles de se modifier au cours de l'évolution individuelle.

On a d'ordinaire affaire à des échantillons soit de petite taille, à tours discoïdes, à ombilic large et évasé, à accroissement très lent; soit plus épais, à ombilic plus étroit, à accroissement plus rapide, avec tous les termes de transition possibles. La plus grande épaisseur des tours coïncide quelquefois avec le milieu des

---

([1]) E. Bayle, *Explic. Carte géol. Fr.*, t. 4, Atlas, 1878.

([2]) O. Schlippe, *Die Fauna des Bathonien*, etc. (*Abh. z. geol. Specialk. von Elsass-Lothr.*, 4, n° 4, 1888, p. 203-207).

([3]) W. Wetzel, *Faunistische und stratigraph. Unters.*, etc. (*Palæontogr.*, t. 58, 1911, p. 181-185).

flancs, d'autres fois avec le pourtour de l'ombilic. Chaque tour est recouvert par le suivant sur $\frac{2}{10}$ à $\frac{9}{10}$ de sa hauteur. Les côtes principales sont au nombre de 22 à 58 par tour; elles sont tantôt droites, tantôt fortement infléchies en avant et se bifurquent à une hauteur qui varie de $\frac{5}{10}$ à $\frac{8}{10}$. Les côtes secondaires sont au nombre de 40 à 156; elles sont beaucoup plus infléchies en avant et légèrement renforcées à leur extrémité, mais ne s'épaississent que tout à fait exceptionnellement pour donner naissance à un petit tubercule. Elles rencontrent la ligne médiane sous un angle de 45° à 75°. La section des côtes, à sommet émoussé ou non, dessine soit un pli déversé ou déjeté en avant, soit un pli droit et, dans ce cas, à flancs parallèles ou formant entre eux un angle variant de 90° à 120°. Les tubercules sont tantôt constants, ce qui paraît constituer un caractère ancestral, tantôt sporadiques, et alors comme surimposés, tantôt entièrement absents.

Les constrictions intercostales sont en général assez rares, elles caractérisent certaines espèces, mais peuvent manquer chez certains de leurs représentants. La chambre d'habitation présente en général dans l'adulte une ornementation atténuée. Les matériaux dont je dispose ne m'ont pas permis d'ajouter à celles déjà connues de nouvelles données relatives à la longueur de la dernière loge, ainsi qu'à la forme du péristome, des apophyses jugales et ventrale.

Cette description se rapporte essentiellement à la surface externe de la coquille. Sur le moule interne, l'ornementation est fortement atténuée. Les tubercules, présents sur le test, manquent quelquefois sur le moule. L'atténuation des côtes et des tubercules s'explique par la plus grande épaisseur du test dans ces régions. Par contre, les constrictions sont plus vigoureuses sur le moule, ce qui indique l'existence de varices internes.

La cloison est, dans l'ensemble, plus ou moins inclinée en avant; les lobes auxiliaires forment avec le rayon un angle très aigu. Le lobe siphonal est relativement large, l'antisiphonal se termine par une pointe unique, l'un et l'autre sont légèrement dissymétriques. Les selles primaires et les selles secondaires sont divisées en branches symétriques par des lobes trifides. L'étranglement de la selle externe est beaucoup moins prononcé que celui des selles latérales.

Le développement ontogénique est normal. Le jeune est « coronatiforme ». Les caractères du stade adulte apparaissent à une taille qui varie de 10^{mm} à 200^{mm}. Avec l'âge, l'ombilic se resserre, la hauteur augmente et l'emporte sur l'épaisseur, le maximum de largeur des tours, ainsi que la région de bifurcation se déplacent vers le centre, les tubercules disparaissent. L'angle que forment les côtés secondaires avec la ligne médiane devient plus obtus. Des constrictions apparaissent. Le nombre des côtes principales augmente, puis diminue, pendant que celui des secondaires s'accroît continuellement. On voit en outre apparaître de nouvelles côtes externes, qu'on peut

appeler *intercalaires*, et l'on assiste à la transformation des côtes simples en côtes bifides et bifurquées ou même trifurquées.

L'effacement des côtes commence par une zone déprimée, qui est placée immédiatement au delà de la région de bifurcation. Il s'étend ensuite aux flancs et ne laisse visible, avant la disparition complète de l'ornementation, que l'extrémité des côtes secondaires. La spire des individus de très grande taille est plus ouverte que celle des tours précédents.

J'ai réparti les différentes formes du genre en trois groupes, comprenant chacun un certain nombre d'espèces :

Premier groupe : *P. Bigoti* n. sp.; *P. radiata* Renzemend. Wetz. (Qu., Amm., pl. 71, fig. 19); *P. arietis* Wetz.; *P. subarietis* Wetz.; *P. Orbignyana* Wetz. (*Amm. Parkinsoni* d'Orb. non Sow., Pal. fr., Jur., Céph., pl. 122, fig. 1).

Deuxième groupe : *P. planulata* Qu. (Ceph., pl. 11, fig. 2); *P. depressa* Qu. (Amm., pl. 71, fig. 25); *P. Parkinsoni* Sow. non d'Orb. (Palæontogr. Soc., pl. 5, fig. 2); *P. neuffensis* Opp. (Schloenbach, Beitr. Palæontogr., t. 13, pl. 28, fig. 3).

Troisième groupe : *P. compressa* Qu. (Amm., pl. 71, fig. 34).

Un nombre important de variétés accompagne la plupart de ces espèces. Certaines d'entre elles réalisent des termes de passage entre les différents groupes et espèces.

Il résulte de toutes ces observations que le genre peut être facilement distingué des autres genres voisins avec lesquels il a été quelquefois confondu : de *Strenoceras* et *Garantia* Hyatt, par l'alternance des côtes et par l'absence des tubercules externes, ainsi que par l'ornementation moins vigoureuse, par l'angle plus aigu que forment les côtes externes avec la ligne médiane et par la cloison plus inclinée sur le rayon; de *Bigotites* Nicolesco [1], par la rareté et l'irrégularité des constrictions, par l'absence de « segments évolutifs », ainsi que par la coquille moins épaisse et la bifurcation plus externe des côtes; enfin, et à plus forte raison, de *Perisphinctes* Waag., par la présence du sillon médian, par l'alternance des côtes et par l'absence ou la rareté des constrictions.

---

[1] CONSTANT NICOLESCO, *Sur un nouveau genre de Périsphinctidés* (*Bigotites*) (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 16, 1917, p. 153-179, pl. 4, fig. 1-9).

Mais tous ces caractères différentiels n'ont véritablement qu'une valeur relative et il existe entre les cinq genres quelques formes de passage [1] qui conduisent à leur attribuer une souche commune, bien qu'ils apparaissent déjà tout différenciés au début du Bajocien supérieur. L'aspect « coronatiforme » des tours dans le jeune âge, chez tous les représentants de ces genres, autorise à chercher avec S. S. Buckman, cette origine dans les Cœlocératidés du Lias.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Remarques sur la métamérie des Vertébrés.* Note de M. J. **Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

Si l'on compare superficiellement la musculature générale du corps des adultes de différents types de Vertébrés, on constate de notables différences.

Chez les Poissons, par exemple, le système musculaire du tronc consiste en segments régulièrement distribués tout le long du corps, séparés les uns des autres par des cloisons conjonctives et par conséquent indépendants, tandis que chez les Mammifères cette régularité ne se présente plus. Chez ces derniers, en effet, des muscles s'étendent d'avant en arrière sur de larges surfaces, comprenant par suite plusieurs segments vertébraux, certains sont longitudinaux, beaucoup sont obliques, s'entre-croisant avec d'autres en diverses directions. Autrement dit, chez les Vertébrés inférieurs adultes, la disposition des muscles au niveau du tronc est rigoureusement métamérique; chez les Vertébrés supérieurs, *elle paraît ne plus l'être*.

Je dis qu'elle paraît ne plus l'être parce que la différence constatée dans la distribution des muscles dans les deux groupes extrêmes de l'embranchement des Vertébrés est, en somme, plus apparente que réelle; pour s'en rendre compte il suffit de s'adresser aux embryons et d'étudier comparativement la phylogénie des muscles.

Je ne reviendrai pas sur les remarques que j'ai faites à ce sujet dans une

---

(1) Représentées par des *Parkinsonia* à tubercules externes [exemplaire recueilli par moi à Sully (Calvados) dans l'Oolithe ferrugineuse], ou à côtes symétriques (certaines coquilles de très grande taille, à constriction ou non) et par quelques *Garantia* dont les côtes externes possèdent des caractères de *Bigotites* [*Garantia aff. Garantiana* d'Orb., *in* R. Douvillé, *Cosmocératidés* (*Mém. Carte géol. Fr.*, pl. 6, fig. 2)].

précédente Note ([1]), ne voulant insister ici que sur quelques points particuliers de façon à mieux les mettre en relief.

L'embryologie nous apprend que chez tous les Vertébrés, la disposition du système musculaire de l'embryon est parfaitement métamérique; chez quelques-uns cette métamérie persiste chez l'adulte de façon très apparente, chez les autres elle s'estompe plus ou moins tôt, mais toujours d'une façon nettement progressive à mesure que les muscles s'individualisent.

C'est exactement ce que nous montre aussi l'Anatomie comparative si l'on jette un regard d'ensemble sur l'embranchement des Vertébrés.

Chez les Poissons, comme je viens de l'écrire, la métamérie musculaire du tronc et de la queue est typique.

Chez les Batraciens, elle est encore fort apparente, surtout chez les Urodèles qui ont conservé des caractères pisciformes assez marqués. Si chez ces êtres, en effet, on enlève avec soin les muscles des membres qui s'étalent sur le tronc, on découvre une disposition de la musculature qui rappelle celle des Poissons, c'est-à-dire des portions musculaires régulièrement placées les unes derrière les autres et séparées par des cloisons conjonctives ou intersections tendineuses. Cette disposition peut être plus marquée ventralement que dorsalement, surtout chez les Anoures, par suite de l'organisation des grands muscles longitudinaux dorsaux.

Chez les Reptiles, en se plaçant dans les mêmes conditions, on fait une constatation identique, mais la métamérisation du système musculaire y est plus ou moins nette suivant les groupes envisagés. Chez les Serpents, par exemple, elle est fort apparente, tandis que chez les Chéloniens elle l'est beaucoup moins par suite de la constitution si particulière de ces êtres.

Chez les Mammifères, la même opération conduit au même résultat. Prenons un quelconque d'entre eux, enlevons-lui délicatement les muscles des membres thoraciques qui s'étalent sur le tronc (grand dorsal, dentelés, muscles scapulaires, etc.), nous sommes frappés par l'aspect métamérique net que présente le reste de l'appareil musculaire et cela aussi bien au niveau du thorax (muscles costaux régulièrement séparés par les côtes) qu'à celui de l'abdomen (grand droit coupé par ses intersections tendineuses, etc.). Dans la région dorsale, encore ici, la métamérie est moins marquée par suite de la présence des grandes formations longitudinales qui s'y rencontrent.

([1]) J. Chaine, *Contribution à la phylogénie des muscles* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 649).

Chez l'Oiseau même disposition, bien que peut-être moins nette que chez le Mammifère.

Donc, en résumé, si l'on enlève du corps des Vertébrés les muscles des membres qui s'étalent sur le tronc et lui forment une sorte de revêtement superficiel, on découvre toujours et partout une disposition métamérique de la musculature, plus ou moins affectée suivant les cas, mais toujours présente; cette segmentation musculaire peut être masquée vers le dos, surtout au niveau de la région abdominale.

Tout ceci s'explique d'ailleurs fort bien d'après ce que j'ai exposé dans ma dernière Note à l'Académie.

Les muscles des membres sont des formations nées par le bourgeonnement des myotomes des segments dont le membre dépend et *qui se sont étendues bien au delà de leur point d'origine* par suite de l'importance qu'a prise l'organe en voie d'évolution; l'Anatomie comparative nous apprend, en effet, que ces muscles sont d'autant plus grands que le membre est plus puissant. Ces muscles sont donc comme surajoutés à la musculature générale du tronc et, par conséquent, ne peuvent pas appartenir à la métamérie générale du corps.

Quant aux longs muscles dorsaux chez lesquels la métamérie n'est pas apparente ou bien ils ont pris naissance dans un seul myotome qui, alors, a bourgeonné en avant ou en arrière, ou bien ils se sont constitués aux dépens de plusieurs myotomes consécutifs avec régression des cloisons conjonctives séparant ces derniers comme cela se présente si souvent et comme j'ai eu l'occasion de le montrer avec détails pour le digastrique de plusieurs espèces.

Je puis donc conclure en disant que la métamérie du système musculaire du tronc des Vertébrés adultes est générale et que si, dans certains groupes, elle n'est pas apparente au premier abord, c'est qu'elle est masquée par des parties surajoutées ou qu'elle est dissimulée par la régression de cloisons conjonctives.

Cette disposition de l'adulte correspond parfaitement à la disposition même que présente les embryons.

Or, quand on sait le retentissement considérable que le système musculaire des Vertébrés a sur l'organisation de ces êtres, on conçoit l'importance que doit avoir cette métamérie constante et régulière sur la constitution des divers représentants de cet embranchement. Et l'on ne peut s'empêcher de penser combien cela est en concordance remarquable avec la conception du Vertébré qu'en a donnée Edmond Perrier à une époque déjà bien

éloignée et où il ne possédait certainement pas les renseignements que nous avons aujourd'hui. On ne peut donc être que très vivement frappé par la sûreté de vue avec laquelle une telle manière de voir a été formulée.

MÉDECINE. — *Un vaccin curatif de la grippe.* Note de M. **Casimir Cépède**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dès l'apparition en France de l'épidémie de grippe actuelle, nous avons étudié la bactériologie des selles, des crachats, du sang, des liquides pleurétiques de malades pour lesquels la clinique avait porté le diagnostic de grippe.

Sans discuter ici de l'existence d'un agent spécifique, nous noterons les grandes variations, tant en espèces qu'en nombre, des éléments parasitologiques que nous avons rencontrés. A notre avis, la diversité des agents pathogènes suffirait amplement à justifier les tableaux cliniques différents et les gravités de tous les degrés observés dans l'épidémie actuelle.

Crachats. — Laissant de côté les éléments inconstants de cette flore (Coccobacille de Pfeiffer, Pneumobacille de Friedlander, Oïdium et Monilia, Spirochète bronchial de Castellani, etc.), nous avons étudié la biologie des espèces que nous y observions constamment.

Ces espèces, normalement saprophytes, sont le Pneumocoque, l'Entérocoque et le Streptocoque.

Pour nous, la biologie de toute espèce bactérienne pathogène cultivable fournit les éléments nécessaires et suffisants de la vaccinothérapie des affections qu'elle engendre. Partant de là, nous avons éliminé les toxines dangereuses de ces différents microbes et nous avons obtenu un vaccin curatif efficace et absolument sans danger.

Préparation du vaccin. — Les trois espèces bactériennes (Pneumocoque, Entérocoque, Streptocoque) de provenances différentes, sont cultivées sur gélose bouillon peptone pendant 24 heures, le milieu de culture étant à la partie inférieure de la boîte de Roux. Le lendemain matin, les boîtes sont retournées, gélose en bas; ainsi, la surface se dessèche légèrement et les bactéries y adhèrent fermement.

A la fin du deuxième jour, un premier lavage élimine les exotoxines. De

suite après, un deuxième lavage, suivi de macération et de forte agitation, détache les colonies qui sont immédiatement tuées par 30 minutes d'ébullition. Après standardisation à 100000000, le vaccin est mis en ampoules.

Doses. — La dose minima est de 1^{cm^3}.

Cette dose, qu'on applique aux cas graves et qu'on administre normalement aux enfants, peut être largement dépassée, sans aucun inconvénient, ainsi que l'a démontré l'application aux malades. Dans des cas graves, 6^{cm^3} ont été appliqués quotidiennement par doses successives de 1^{cm^3} et ont amené la guérison.

Résultats. — La vaccinothérapie est d'autant plus rapidement efficace qu'elle est appliquée d'une manière plus précoce. Il est incontestable que le patient doit avoir la force suffisante pour répondre à l'action vaccinale.

Cas typiques :

M. C., 36 ans, première température, à 9^h du soir : 39°,8. Injection de 1^{cm^3} :

A 7^h le lendemain, température........................	39°,5
A 3^h du soir, »	38,4
A 7^h le lendemain, »	37,4

le soir, 37°,7 ; 7^h le lendemain, 37°,4. (*Aucune autre médication pendant toute la maladie.*)

Mlle M., 10 ans et demi. Après quatre jours d'oscillation entre 39° et 40°, saute de température à 40°,5.

	Températures	
	du soir.	du lendemain matin.
2^{cm^3} vaccin	40°,2	39°,1
2^{cm^3} »	40	38,2
2^{cm^3} »	40	37,5
1^{cm^3} »	38,3	37

le soir, 37°,7 ; matin, 36°,8; soir, 37°,2; depuis la température est normale.

Mme D., 33 ans, atteinte le 15 octobre avec 38°,7 a le lendemain 39°,9. A partir du 17, elle a chaque jour 40° et 40°,2.

Le 22 octobre, une piqûre de 1^{cm^3} à 19^h; le 23 à 5^h du matin, 39°,3, 2^{cm^3} de vaccin, température 38°,7 qui se maintient quelques jours puis baisse régulièrement pour tomber à 37°,2 ou 37°,3 le matin et 37°,5 le soir.

MÉDECINE. — *Modifications sous l'influence du temps du sérum humain, normal ou syphilitique.* Note de M. **Roger Douris**, présentée par M. Roux.

M. Vernes ([1]) a montré que le sérum syphilitique peut être distingué du sérum normal au moyen d'un réactif constitué par une suspension colloïdale organique spécialement appropriée. Les « degrés de floculation » qui résultent de l'action mutuelle de ces deux colloïdes (sérum et réactif) sont appréciés indirectement au moyen d'un phénomène d'hémolyse.

Or, de ces deux milieux, le réactif présente un état colloïdal qu'on peut régler à volonté et avec précision au moment de l'emploi. Par contre, indépendamment des causes biologiques ou pathologiques qui déterminent, en principe, l'état colloïdal ([2]) du sérum à examiner, on pouvait se demander si, entre autres facteurs ([3]), l'âge de ce sérum, c'est-à-dire l'ancienneté de son prélèvement, n'exercerait pas une influence particulière et telle qu'elle puisse être la cause d'une erreur de diagnostic.

Pour étudier cette influence de l'âge du sérum sur le séro-diagnostic, j'ai utilisé la méthode de Vernes en raison de la sûreté avec laquelle elle permet de régler la séro-réaction.

Dans ce but, différents sérums étaient recueillis dans des conditions aussi aseptiques que possible et conservés à la glacière dans de petits tubes bien bouchés.

Toutes les semaines, on distribuait dans des tubes deux prélèvements de $0^{cm^3},2$ de chaque sérum, de façon à faire pour chacun d'eux une séro-réaction complète et un témoin suivant la méthode de M. Vernes ([4]). Chaque fois l'expérience comportait les autres tubes de contrôle pour s'assurer que chacun des réactifs, qui entrent en jeu, exerce sa fonction normalement. La comparaison des résultats obtenus, exprimés par les chiffres correspondants de l'échelle colorimétrique ([5]), met en évidence une transformation régulière, sous l'influence du temps, des sérums nor-

---

([1]) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 575; t. 167, 1918, p. 383.

([2]) M. J. Duclaux (Thèse de doctorat ès Sciences physiques, Paris, 1904) a montré que les colloïdes étaient en voie continuelle de transformation (non réversible).

([3]) L'addition de petites quantités d'acides, d'alcalis, de certains sels, de matières organiques (albuminoïdes par exemple) amène de grandes perturbations dans les séro-réactions de la syphilis.

([4]) Vernes, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 383.

([5]) Vernes, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 500.

maux (teinte n° 8) en sérums présentant les caractères des sérums syphilitiques (teinte n° 0).

Un sérum normal, par exemple, donnera la teinte correspondant au n° 5 de l'échelle au bout de 8 jours, la teinte n° 2 au bout de 15 jours et la teinte n° 0 au bout de 21 jours. Ce phénomène est général, mais le temps nécessaire pour passer de la teinte n° 8 (hémolyse maximum) à la teinte n° 0 (absence d'hémolyse) varie selon les sérums normaux examinés.

On peut même aller plus loin et suivre les modifications des sérums en notant les variations d'hémolyse dans les tubes « témoins-sérums » (sans péréthynol). C'est ainsi que si l'on compare, à des intervalles de temps égaux, les résultats de séro-réactions faites avec du sérum normal ayant acquis les caractères syphilitiques et un sérum syphilitique, on observe parallèlement dans les deux cas l'absence d'hémolyse (teinte n° 0) dans les tubes à séro-réaction, et une diminution graduelle de l'hémolyse dans les tubes témoins. Finalement on constate l'absence d'hémolyse dans les tubes témoins, quel que soit le sérum considéré.

Pour arriver au résultat (teinte n° 0 avec témoin teinte n° 0) les sérums normaux mettent à partir de leur prélèvement plus de temps que les sérums syphilitiques. Cette différence entre les deux sortes de sérums est à rapprocher de « l'écart de stabilité » sur lequel M. Vernes [1] a attiré l'attention.

Les transformations ci-dessus semblent être en relation avec les modifications de l'état colloïdal et de l'ionisation des sérums sous l'influence du temps. Le même phénomène se produit pour les sérums chauffés et est plus rapide à la température ordinaire qu'à celle de la glacière. Le fluorure de sodium ajouté au sérum, à la dose de 1^{mg} à 2^{mg} par centimètre cube, retarde légèrement cette transformation.

Conclusions. — 1° Le tréponème pâle détermine, dans le sérum des syphilitiques, des modifications analogues à celles que l'influence du temps provoque dans le sérum normal.

2° L'âge des sérums est un facteur dont on doit tenir compte dans les conditions de réglage de la séro-réaction de la syphilis.

A 16 heures un quart l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 17 heures et demie.

A. Lx.

---

[1] A. VERNES, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 769, et t. 167, 1918, p. 383.

ERRATA.

(Séance du 26 août 1918.)

Note de M. *Michel Plancherelle*, Sur l'unicité du développement en série de polynomes de Legendre :

Page 326, ligne 12, ajouter au second membre le facteur $\frac{1}{l}$.

Page 327, ligne 26, *au lieu de* petite, *lire* grande.

(Séance du 28 octobre 1918.)

Note de M. *E. Carvallo*, Sur l'annulation du coma dans les lentilles :

Page 642, formules (4) et (5) et deuxième équation de la page 643, *au lieu de* $1-\frac{\varepsilon}{p}+\frac{\varepsilon_1}{p_1}$, *lire* $1+\frac{\varepsilon}{p}-\frac{\varepsilon_1}{p_1}$.

Page 643, ligne 8, *au lieu de* $1-\frac{\varepsilon}{p}+\frac{\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$, *lire* $1+\frac{\varepsilon}{p}-\frac{\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$.

Page 643, ligne 14, *au lieu de* $\frac{-\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$, *lire* $\frac{+\varepsilon_\lambda}{p_\lambda}$.